

3. Найман Э. -Л. Малая Энциклопедия Трейдера. – К.: ВИРА-Р Альфа Капитал, 1999. – 236с.
4. Боллинджер Д. Боллинджер о лентах Боллинджера. – М.: ИК «Аналитика», 2005, – 219с.
5. Акелис С.Б. Технический анализ от А до Я: Полн. набор инструментов торговли.. от абсолют. индекса ширины до яп. свечей: Пер. с англ. – М.: Диаграмма, 2000. – 364с.
6. Бернхем Т. Подлые рынки и мозг ящера: как заработать деньги, используя знания о причинах маний, паники и крахов на финансовых рынках. – М.: Эксмо, 2008. – 400с.
7. Билл Вильямс. Новые измерения в биржевой торговле. Как извлечь прибыль из хаоса: рынки акций, облигаций. – М.: ИК «Аналитика», 2000. – 288с.
8. Джастин Грегори Вильямс, Билл М. Вильямс Торговый хаос 2. – М.: ИК «Аналитика», 2005. – 237с.
9. Швагер Джек. Технический анализ. Полный курс. – М.: Альпина Паблишер, 2001. – 768с.

**ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛЕЙ ДЕТЕРМИНИРОВАННОГО ХАОСА
ДЛЯ ОБРАБОТКИ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ
НА ВЫХОДЕ ВЫСОКОЧУВСТВИТЕЛЬНОГО ДАТЧИКА**

А.С. Шелудько, В.И. Ширяев

(Челябинск, Южно-Уральский государственный университет, vis@susu.ac.ru)

**HIGH-FIDELITY SENSOR DATA PROCESSING:
APPLICATION OF THE CHAOTIC MAPS**

A.S. Sheludko, V.I. Shiryayev

Решается задача построения математической модели по единственной реализации измерений на выходе высокочувствительного датчика. Сложность задачи состоит в том, что при эксплуатации прибора число измерений $N < 100$. Для предварительной обработки коротких временных процессов возможно использование различных методов разложения на аддитивные составляющие [1, 2], а также их модификаций [3]. Эффективность их применения для решения задач фильтрации и прогнозирования зависит от того, насколько адекватно построены модели отдельных составляющих разложения. Как правило, составляющие разложения группируют на два типа процессов: «медленные» (например, дрейф, гармонические колебания) и «быстрые» (похожие на реализацию белого шума).

Анализ данных измерений (рис. 1) с помощью метода SSA [2] показал, что «быстрые» колебания могут иметь фрактальную природу (индекс фрактальности $\mu > 0,5$) и линейные модели в этом случае могут не обеспечить необходимую точность аппроксимации. В этом случае требуется увеличить число составляющих в разложении, для того чтобы их можно было достаточно точно аппроксимировать с помощью линейных моделей. В работе [3] была построена линейная модель измерений на выходе высокочувствительного датчика, при этом среднеквадратическое отклонение ошибки аппроксимации составило $\sigma = 94,0992$, а число составляющих $n = 5$. Другим путем повышения точности аппроксимации является применение нелинейных моделей, в том числе моделей детерминированного хаоса, которые получили широкое распространение в различных прикладных задачах [4, 5].

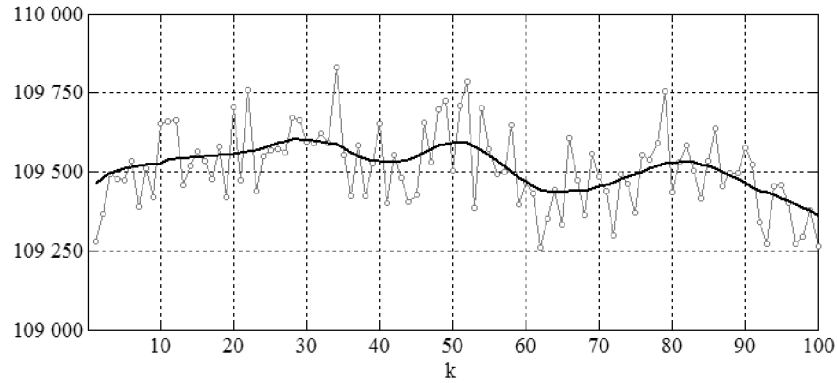


Рис. 1. Исходная последовательность измерений и «медленная» составляющая.

Рассмотрим остаток (рис. 2), полученный после выделения из исходных измерений «медленной» составляющей (рис. 1). Для построения модели «быстрых» колебаний предлагается использовать разложение

$$y_k = a_0 + \sum_{i=1}^n a_i x_k^{(i)} + \eta_k, \quad k = 1, 2, \dots, N \quad (1)$$

по системе процессов $x_k^{(i)}$, $k = 1, 2, \dots, N$, $i = 1, 2, \dots, n$, заданных хаотическими отображениями; y_k , $k = 1, 2, \dots, N$ – моделируемый остаток, a_i , $i = 0, 1, \dots, n$ – коэффициенты разложения, η_k , $k = 1, 2, \dots, N$ – ошибка аппроксимации. Например, такая система процессов может быть задана с помощью логистического отображения

$$x_{k+1} = \lambda x_k (1 - x_k), \quad k = 0, 1, \dots, N - 1. \quad (2)$$

хаотические решения которого, как известно, возникают при $x_0 \in (0; 1)$, $\lambda \in (3,57; 4]$.

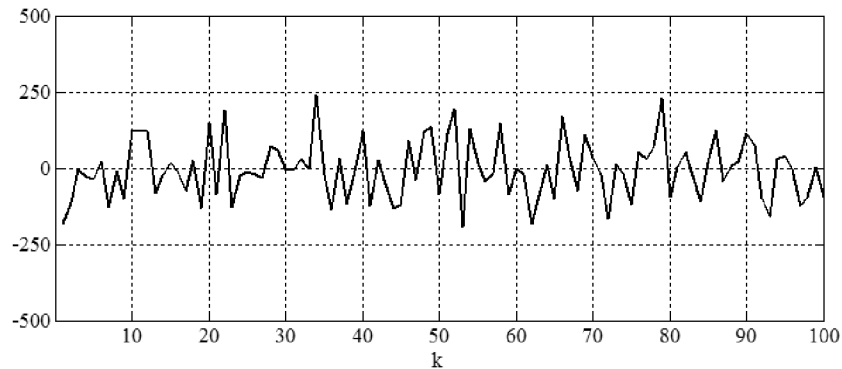


Рис. 2. Остаток – «быстрые» колебания в измерениях.

После построения разложения (1) рассматриваемого временного процесса (рис. 2) на $n = 3$ процесса, заданных логистическими отображениями, среднеквадратическое отклонение ошибки аппроксимации (рис. 3) составило $\sigma = 22,4759$, что в 4 раза меньше результата, полученного при построении линейной модели. Отметим, что для того чтобы достигнуть такой же точности при использовании линейных моделей, потребовалось бы построить разложение на $n = 50$ составляющих.

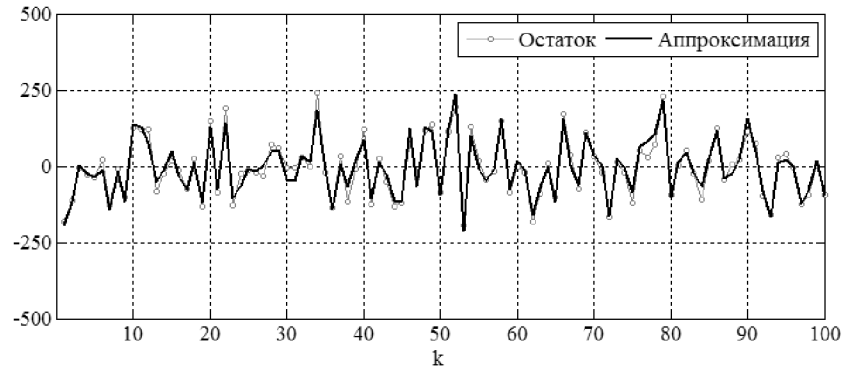


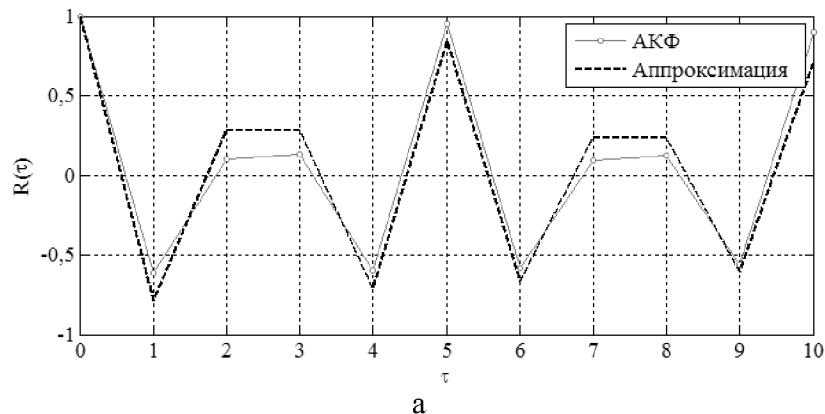
Рис. 3. Аппроксимация остатка с помощью нелинейной модели.

В вычислительном плане построение нелинейной модели является более трудоемкой задачей, так как в этом случае целевые функции в задаче оценивания параметров модели являются многоэкстремальными [6], что требует применения алгоритмов глобальной оптимизации. Уменьшить интервал поиска при оценивании параметров и тем самым сократить число локальных экстремумов можно, используя в качестве вспомогательной информации автокорреляционную функцию (АКФ) процесса.

АКФ $R(\tau)$, $\tau = 0, 1, \dots, m$ временного процесса, заданного логистическим отображением (2), можно аппроксимировать зависимостью

$$R(\tau) = e^{-\beta\tau} \cos \omega\tau, \quad \tau = 0, 1, \dots, m. \quad (3)$$

Исследования показали, что переменная ω для различных значений параметра λ принимает только значения π , $\frac{4\pi}{5}$ или $\frac{2\pi}{3}$. Например, на рис. 4 показана аппроксимация вида (3) для АКФ процесса, заданного логистическим отображением при $\lambda = 3,74$ и $\lambda = 3,86$. Параметры аппроксимации $\beta = 0,0327$, $\omega = \frac{4\pi}{5}$ и $\beta = 0,1205$, $\omega = \frac{2\pi}{3}$ соответственно. В обоих случаях $x_0 = 0,5$, $N = 100$, $m = 10$. Таким образом, получив для аппроксимации АКФ оценку переменной β , можно воспользоваться зависимостью $\beta(\lambda)$ и уточнить интервал поиска параметра λ логистического отображения в задаче идентификации.



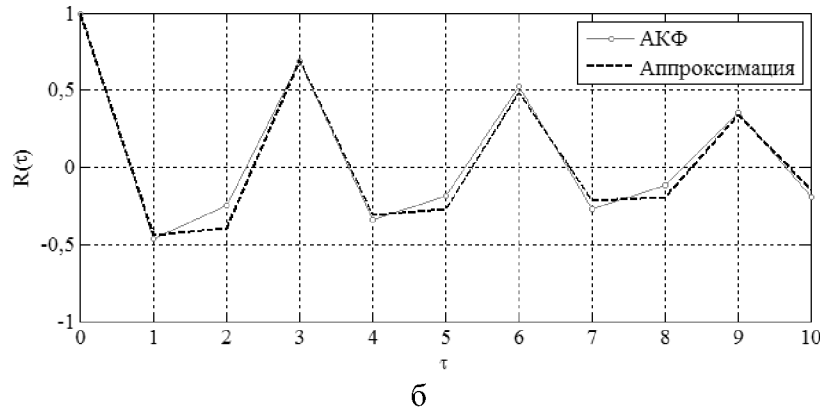


Рис. 4. Аппроксимация АКФ процесса, заданного логистическим отображением при $\lambda = 3,74$ (а) и $\lambda = 3,86$ (б).

Литература

1. Клионский Д.М., Орешко Н.И., Геппенер В.В. Декомпозиция на эмпирические моды и ее использование при анализе дробного броуновского движения // Цифровая обработка сигналов. 2008. № 3. С. 37–45.
2. Vitanov N.K., Sakai K., Dimitrova Z.I. SSA, PCA, TDPSC, ACFA: Useful combination of methods for analysis of short and nonstationary time series // Chaos, Solitons & Fractals. 2008. Vol. 37. P. 187–202.
3. Шелудько А.С., Ширяев В.И. Алгоритм обработки информации на выходе высокочувствительного датчика в условиях малого числа измерений // Экстремальная робототехника. 2011. С. 264–273.
4. Антипов О.И., Неганов В.А. Прогнозирование и фрактальный анализ хаотических процессов дискретно-нелинейных систем с помощью нейронных сетей // Доклады АН. 2011. Т. 436. № 1. С. 34–37.
5. Нечаев Ю.И. Информационные технологии и управление в бортовых интеллектуальных системах новых поколений // Мехатроника, автоматизация, управление. 2010. № 1. С. 42–53.
6. Елсаков С.М., Ширяев В.И. О многоэкстремальности в задачах оценивания систем детерминированного хаоса // Вестник ЮУрГУ. Серия компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. 2009. № 3. С. 37–41.

ВЫДЕЛЕНИЕ ХАОТИЧЕСКОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ КОРОТКОГО ВРЕМЕННОГО РЯДА ПРИ ЕДИНИЧНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ

Е.И. Малютина, В.И. Ширяев

(Челябинск, Южно-Уральский государственный университет, vis@prima.susu.ac.ru)

EXTRACTING CHAOTIC COMPONENT FROM SINGLE REALIZATION OF SHORT TIME SERIES:

E.I. Malyutina, V.I. Shiryayev

Предлагается один из способов повышения качества прогноза путем аппроксимации комбинацией детерминированных систем, решения которых при определенных значениях параметров являются хаотическими, ряда остатков [5, 4]. Как правило, аппроксимирующая модель, используемая для описания поведения системы, не в состоянии описать все особен-